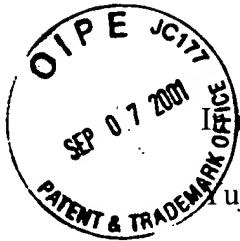


73
PCT
10-18-01

Docket No.: 50212-246

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE



In re Application of
Toshiyuki KUBO, et al.

Serial No.: 09/870,793

: Group Art Unit: 2633

Filed: June 01, 2001

: Examiner: not yet assigned

For: OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

RECEIVED

TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT(S)

SEP 10 2001

Honorable Commissioner for Patents and Trademarks
Washington, D. C. 20231

Technology Center 2600

Sir:

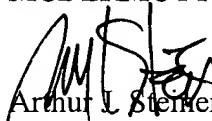
At the time the above application was filed, priority was claimed based on the following application(s):

Japanese Patent Application No. 2000-164929, filed June 1, 2000

A copy of each priority application listed above is enclosed.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY


Arthur L. Steiner
Registration No. 26,106

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 AJS:jgh
Date: September 7, 2001
Facsimile: (202) 756-8087

Yusi KUSBO et al
50212-246
09/876,793
McJernett, Well &
Emery

本 国 特 許 厅
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 6月 1日

出 願 番 号
Application Number:

特願 2000-164929

出 願 人
Applicant(s):

住友電気工業株式会社

RECEIVED

SEP 10 2001

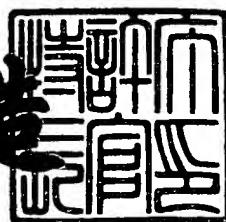
Technology Center 260C

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 6月 13日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川 耕造



出証番号 出証特 2001-3055247

出願人履歴情報

識別番号 [000002130]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
氏名 住友電気工業株式会社

【書類名】 特許願
【整理番号】 100Y0145
【提出日】 平成12年 6月 1日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H04B 3/00
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内
【氏名】 久保 祐二
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内
【氏名】 寺沢 良明
【特許出願人】
【識別番号】 000002130
【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社
【代理人】
【識別番号】 100088155
【弁理士】
【氏名又は名称】 長谷川 芳樹
【選任した代理人】
【識別番号】 100089978
【弁理士】
【氏名又は名称】 塩田 辰也
【選任した代理人】
【識別番号】 100092657
【弁理士】
【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0001754

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光伝送システム

【特許請求の範囲】

【請求項1】 送信器から送出された信号光を受信器へ伝送する光ファイバ
伝送路と、

前記光ファイバ伝送路の温度を検知する温度検知手段と、
前記温度検知手段により検知された温度に基づいて、前記光ファイバ伝送路の
温度の変動に因る波長分散の変動を補償する温度変動補償手段と
を備えることを特徴とする光伝送システム。

【請求項2】 前記温度検知手段は、前記光ファイバ伝送路に対して並列に
設けられた光ファイバ温度センサを含むことを特徴とする請求項1記載の光伝送
システム。

【請求項3】 前記温度変動補償手段は、前記送信器から送出される信号光
の波長を制御することで、前記光ファイバ伝送路の温度の変動に因る波長分散の
変動を補償することを特徴とする請求項1記載の光伝送システム。

【請求項4】 前記温度変動補償手段は、前記送信器から前記受信器に到る
までの信号光経路上に設けられた分散補償器における分散補償量を制御すること
で、前記光ファイバ伝送路の温度の変動に因る波長分散の変動を補償することを
特徴とする請求項1記載の光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、送信器から送出された信号光を光ファイバ伝送路を介して受信器へ
伝送する光伝送システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

光伝送システムは、送信器と受信器との間に光ファイバ伝送路が敷設されてお
り、送信器から送出された信号光を受信器へ伝送するものであって、大容量の情
報を長距離に亘って伝達することができる。また、多波長の信号光を多重化して

伝送する波長多重 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) 伝送システムは、更に大容量の情報を伝達することができる。そして、光伝送システムにおいては更なる大容量化が求められている。具体的には、信号光波長帯域を拡大して波長多重する信号光の波数の増加が求められ、或いは、高ビットレート化が求められている。

【0003】

光伝送システムでは、光ファイバ伝送路の波長分散に因り信号光の波形劣化が生じて受信誤りが生じる場合があるので、送信器から受信器に到るまでの累積波長分散の絶対値を小さくすることが重要である。信号光波長帯域に亘って波長分散の絶対値が小さい分散フラット光ファイバの研究開発が進められてはいるが、製造上の困難が多く、また、コストが高い。一般に、1種類の光ファイバのみでは、信号光波長帯域に亘って波長分散の絶対値を小さくすることは困難である。そこで、送信器と受信器との間に光ファイバ伝送路の他に分散補償器を設けることで、光ファイバ伝送路の波長分散（および分散スローブ）を分散補償器により補償して、送信器から受信器に到るまでの累積波長分散の絶対値を信号光波長帯域に亘って小さくすることが行われている。

【0004】

ところで、光ファイバ伝送路は、一般に屋外に敷設されることが多く、周囲の温度が変動する。そして、温度が変動すると、光ファイバ伝送路の波長分散も変動し、光ファイバ伝送路および分散補償器を含む全体の累積波長分散も変動する。従来では、温度変動に因る光ファイバ伝送路の波長分散の変動は、設計上の許容範囲内のものであって、実際には問題とならない場合が多かった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

光伝送システムにおいて更なる大容量化を図るとすれば、送信器から受信器に到るまでの累積波長分散の変動の許容範囲を狭くせざるを得ない。そして、温度変動があっても累積波長分散の絶対値の変動が許容範囲内となるよう厳密に管理する必要が生じる。しかし、一般に屋外に敷設される光ファイバ伝送路の波長分散の変動を抑制するために、光ファイバ伝送路の温度の変動を抑制することは困

難である。

【0006】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、光ファイバ伝送路の温度の変動があっても送信器から受信器に到るまでの累積波長分散の変動が抑制され、更なる大容量通信が可能な光伝送システムを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る光伝送システムは、(1) 送信器から送出された信号光を受信器へ伝送する光ファイバ伝送路と、(2) 光ファイバ伝送路の温度を検知する温度検知手段と、(3) 温度検知手段により検知された温度に基づいて、光ファイバ伝送路の温度の変動に因る波長分散の変動を補償する温度変動補償手段とを備えることを特徴とする。

【0008】

この光伝送システムによれば、送信器から送出された信号光を受信器へ伝送する光ファイバ伝送路の温度が温度検知手段により検知され、この検知された温度に基づいて、光ファイバ伝送路の温度の変動に因る波長分散の変動が温度変動補償手段により補償される。この補償の結果、光ファイバ伝送路の温度変動があっても、送信器から受信器に到るまでの累積波長分散の変動が抑制される。したがって、温度変動に因る累積波長分散の変動が許容範囲内となり、更に大容量の光伝送が可能となる。

【0009】

また、本発明に係る光伝送システムでは、温度検知手段は、光ファイバ伝送路に対して並列に設けられた光ファイバ温度センサを含むことを特徴とする。この場合には、光ファイバ温度センサを含む温度検知手段により、光ファイバ伝送路の長手方向の温度分布が検知される。光ファイバ伝送路とともに光ファイバ温度センサを光ケーブル内に収めることができるので好適である。

【0010】

また、本発明に係る光伝送システムでは、温度変動補償手段は、送信器から送

出される信号光の波長を制御することで、光ファイバ伝送路の温度の変動に因る波長分散の変動を補償することを特徴とする。また、温度変動補償手段は、送信器から受信器に到るまでの信号光経路上に設けられた分散補償器における分散補償量を制御することで、光ファイバ伝送路の温度の変動に因る波長分散の変動を補償することを特徴とする。これら何れの場合にも、光ファイバ伝送路の温度変動があっても、送信器から受信器に到るまでの累積波長分散の変動が抑制される。

【0011】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0012】

図1は、本実施形態に係る光伝送システム1の構成図である。この光伝送システム1は、多波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の信号光を波長多重して送信器10から受信器20へ送信するものであり、送信器10と受信器20との間に分散補償器31、光増幅器41、光ファイバ伝送路51、光増幅器42および分散補償器32が設けられている。また、この光伝送システム1には、光ファイバ温度センサ52および温度変動補償部60が設けられている。

【0013】

なお、分散補償器31および光増幅器41それぞれは、送信器10とともに送信局内に設けられてもよいし、中継局内に設けられてもよい。分散補償器32および光増幅器42それぞれは、受信器20とともに受信局内に設けられてもよいし、中継局内に設けられてもよい。また、光ファイバ伝送路51、光増幅器42および分散補償器32は、図示のとおり1段であってもよいし、複数段であってもよい。

【0014】

送信器10は、N個の光源11₁～11_Nおよび合波器12を含み、光源11₁～11_Nから出力された波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の信号光を合波器12により合波して、この合波した多波長の信号光を送出する。受信器20は、N個の受光器21₁～21_N

λ_N および分波器 22 を含み、到達した多波長の信号光を分波器 22 により波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の信号光それぞれに分波して、この分波された各波の信号光を受光器 21₁ ~ 21_N により受光する。なお、信号光の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ として例えば波長 1.55 μm 帯のものが用いられる。

【0015】

光ファイバ伝送路 51 は、送信器 10 から送出された多波長の信号光を受信器 20 へ伝送するものであって、一般には屋外に敷設されている。光ファイバ伝送路 51 を構成する光ファイバとして好適に用いられるのは、例えば、波長 1.3 μm 付近に零分散波長を有し波長 1.55 μm で波長分散が 17 ps/nm/km 程度であるシングルモード光ファイバや、波長 1.55 μm 付近に零分散波長が無く波長 1.55 μm で波長分散が 1 ~ 10 ps/nm/km であるノンゼロ分散シフト光ファイバである。

【0016】

分散補償器 31, 32 は、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ を含む信号光波長帯域において、或る温度 T での光ファイバ伝送路 51 の波長分散を補償するものであり、更には、光ファイバ伝送路 51 の分散スロープをも補償する。分散補償器 31, 32 として好適に用いられるのは、例えば、波長 1.55 μm で波長分散が負である分散補償光ファイバや、波長 1.55 μm で分散スロープが負である分散補償光ファイバや、光ファイバの光導波領域に屈折率変調が形成された光ファイバグレーティングである。

【0017】

光増幅器 41, 42 は、多波長の信号光を一括光増幅するものであり、例えば、Er 元素が光導波領域に添加された Er 元素添加光ファイバ (EDF: Erbium Doped Fiber) を光増幅媒体として用いた Er 元素添加光ファイバ増幅器 (EDFA: Erbium Doped Fiber Amplifier) が好適に用いられる。

【0018】

光ファイバ温度センサ 52 は、光ファイバ伝送路 51 に対して並列に設けられており、光ファイバ伝送路 51 の温度を温度変動補償部 60 とともに検知する温度検知手段として用いられる。この光ファイバ温度センサ 52 を用いた温度検知

は、光ファイバの特性が温度に依存することを利用したものであり、温度変動補償部60から光ファイバ温度センサ52の一端にパルス光を入射させて、この光ファイバ温度センサ52中で発生して上記一端より出射される後方散乱光の時間変化を温度変動補償部60により測定することで、この光ファイバ温度センサ52の長手方向の温度分布（すなわち、光ファイバ伝送路51の長手方向の温度分布）を検知するものである。

【0019】

温度変動補償部60は、光ファイバ温度センサ52の一端にパルス光を入射させるとともに、光ファイバ温度センサ52の上記一端より出射される後方散乱光の時間変化を測定して、この測定結果に基づいて、光ファイバ伝送路51の長手方向の温度分布を検知する。さらに、温度変動補償部60は、光ファイバ伝送路51の温度分布の検知結果に基づいて、光ファイバ伝送路51の波長分散の変動を補償する。そして、この補償の結果、光ファイバ伝送路51の温度変動があつても、送信器10から受信器20に到るまでの累積波長分散の変動が抑制される。この温度変動補償部60による補償は、送信器10の光源 $11_1 \sim 11_N$ それから出力される信号光の波長を制御することで可能であり、或いは、分散補償器31および32の双方または何れか一方における分散補償量を制御することでも可能である。

【0020】

図2は、光ファイバ伝送路51および光ファイバ温度センサ52を含む光ケーブル50の断面図である。この図に示す光ケーブル50は、スロットロッド53の中心にテンションメンバ54があり、スロットロッド53の周囲に6本の溝が長手方向に設けられている。そして、6本の溝のうち1本の溝に光ファイバ温度センサ52があり、また、他の5本の溝それぞれにテープ心線55が積層されている。これらの周囲が外被56により覆われている。テープ心線55に含まれる各光ファイバが光ファイバ伝送路51として用いられる。

【0021】

この光伝送システム1では、波長多重された波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の信号光は、送信器10から送出されて、分散補償器31、光増幅器41、光ファイバ伝送路51、

光増幅器42および分散補償器32を経て受信器20に到達し、受信器20により分波されて受信される。信号光が送信器10から受信器20に到るまでの累積波長分散は、この信号光の伝送経路上にある全ての要素の波長分散を累積したものであり、特に光ファイバ伝送路51および分散補償器31、32それぞれの波長分散の寄与が大きい。そして、分散補償器31、32それぞれの波長分散は、或る温度Tでの光ファイバ伝送路51の波長分散を補償するように設定されているので、この温度Tでは、送信器10から受信器20に到るまでの累積波長分散の絶対値は小さくなっている。光ファイバ伝送路51の温度がTからT+ΔTへ変動すると、光ファイバ温度センサ52および温度変動補償部60により温度変動ΔTが検知される。そして、温度変動補償部60により、光ファイバ伝送路51の温度の検知結果に基づいて、光ファイバ伝送路51の波長分散の変動が補償される。

【0022】

図3は、温度変動補償部60による補償の1例を説明する図である。この図は、送信器10の各光源 11_n ($1 \leq n \leq N$) から出力される信号光の波長を制御することで、光ファイバ伝送路51の温度の変動に因る波長分散の変動を補償する場合を説明するものである。この図で、実線で示した波長分散特性は、光ファイバ伝送路51が温度Tであるときのものである。また、破線で示した波長分散特性は、ΔTだけ温度が変動して光ファイバ伝送路51が温度T+ΔTとなったときのものである。

【0023】

送信器10内の光源 11_n の出力波長 λ_n が一定のままであるとすると、温度Tであるときには波長分散が D_n であったものが、ΔTだけ温度が変動して温度T+ΔTとなると波長分散が $D_n + \Delta D$ に変化して、その結果、送信器10から受信器20に到るまでの累積波長分散が変動する。そこで、温度変動補償部60は、光ファイバ温度センサ52を用いた温度測定により、光ファイバ伝送路51の温度がΔTだけ変動したことを検知すると、送信器10の光源 11_n の温度および駆動電流等の何れかを制御して、光源 11_n から出力される信号光の波長を λ_n' に変化させ、これにより、光ファイバ伝送路51の波長分散の変動を補償する

【0024】

図4は、温度変動補償部60による補償の他の例を説明する図である。この図は、分散補償器31, 32としての分散補償光ファイバにおける分散補償量を制御することで、光ファイバ伝送路51の温度の変動に因る波長分散の変動を補償する場合を説明するものである。この図で、実線で示した波長分散特性（波長分散が正のもの）は、光ファイバ伝送路51が温度 T_1 であるときのものである。破線で示した波長分散特性（波長分散が正のもの）は、 ΔT_1 だけ温度が変動して光ファイバ伝送路51が温度 $T_1 + \Delta T_1$ となったときのものである。実線で示した波長分散特性（波長分散が負のもの）は、分散補償器31, 32が温度 T_2 であるときのものである。また、破線で示した波長分散特性（波長分散が負のもの）は、 ΔT_2 だけ温度が変動して分散補償器31, 32が温度 $T_2 + \Delta T_2$ となったときのものである。

【0025】

光ファイバ伝送路51の温度が T_1 であって分散補償器31, 32の温度が T_2 であるときに、送信器10から受信器20に到るまでの累積波長分散の絶対値は充分に小さいものとする。光ファイバ伝送路51の温度が ΔT_1 だけ変動して温度 $T_1 + \Delta T_1$ となると、送信器10から受信器20に到るまでの累積波長分散が変動する。そこで、温度変動補償部60は、光ファイバ温度センサ52を用いた温度測定により、光ファイバ伝送路51の温度が ΔT_1 だけ変動したことを検知すると、分散補償器31, 32の温度を ΔT_2 だけ変化させることで分散補償量を制御し、これにより、光ファイバ伝送路51の波長分散の変動を補償する。

【0026】

なお、分散補償器31, 32として光ファイバグレーティングが用いられる場合には、温度や張力を変化させることで分散補償量を制御し、これにより、光ファイバ伝送路51の波長分散の変動を補償する。

【0027】

本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく種々の変形が可能である。例えば、光ファイバ伝送路51の温度を検知する温度検知手段は、上述したよう

に光ファイバ温度センサ52を用いて温度検知を行うのが好適であるが、これに限られない。

【0028】

例えば、光ケーブル50内のテンションメンバ54は一般には金属であるので、温度検知手段は、このテンションメンバ54の導体抵抗値を測定することで、光ファイバ伝送路51の長手方向の平均温度を検知してもよい。また、テンションメンバ54の表面に低抵抗値の金属（例えば銅など）をメッキすることで、長距離に亘って高精度の温度検知が可能となる。

【0029】

また、光ファイバ伝送路51の長手方向の温度分布は、数十km程度の距離では温度差が小さいので、細かい距離間隔で検知する必要はない。例えば、光ケーブル50の接続部や中継器において温度を検知するだけでもよい。この温度検知結果の情報は、光ケーブル50内の光ファイバを介して信号光として温度変動補償部60まで送信される。

【0030】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したとおり、本発明によれば、送信器から送出された信号光を受信器へ伝送する光ファイバ伝送路の温度が温度検知手段により検知され、この検知された温度に基づいて、光ファイバ伝送路の温度の変動に因る波長分散の変動が温度変動補償手段により補償される。この補償の結果、光ファイバ伝送路の温度変動があっても、送信器から受信器に到るまでの累積波長分散の変動が抑制される。したがって、温度変動に因る累積波長分散の変動が許容範囲内となり、更に大容量の光伝送が可能となる。

【0031】

また、温度検知手段が光ファイバ温度センサを含むものである場合には、光ファイバ伝送路の長手方向の温度分布が高精度に検知されるので、より安定した光伝送が可能である。また、光ファイバ伝送路とともに光ファイバ温度センサを光ケーブル内に収めることができることでも好適である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本実施形態に係る光伝送システム1の構成図である。

【図2】

本実施形態に係る光伝送システム1の光ファイバ伝送路51および光ファイバ温度センサ52を含む光ケーブル50の断面図である。

【図3】

本実施形態に係る光伝送システム1の温度変動補償部60による補償の1例を説明する図である。

【図4】

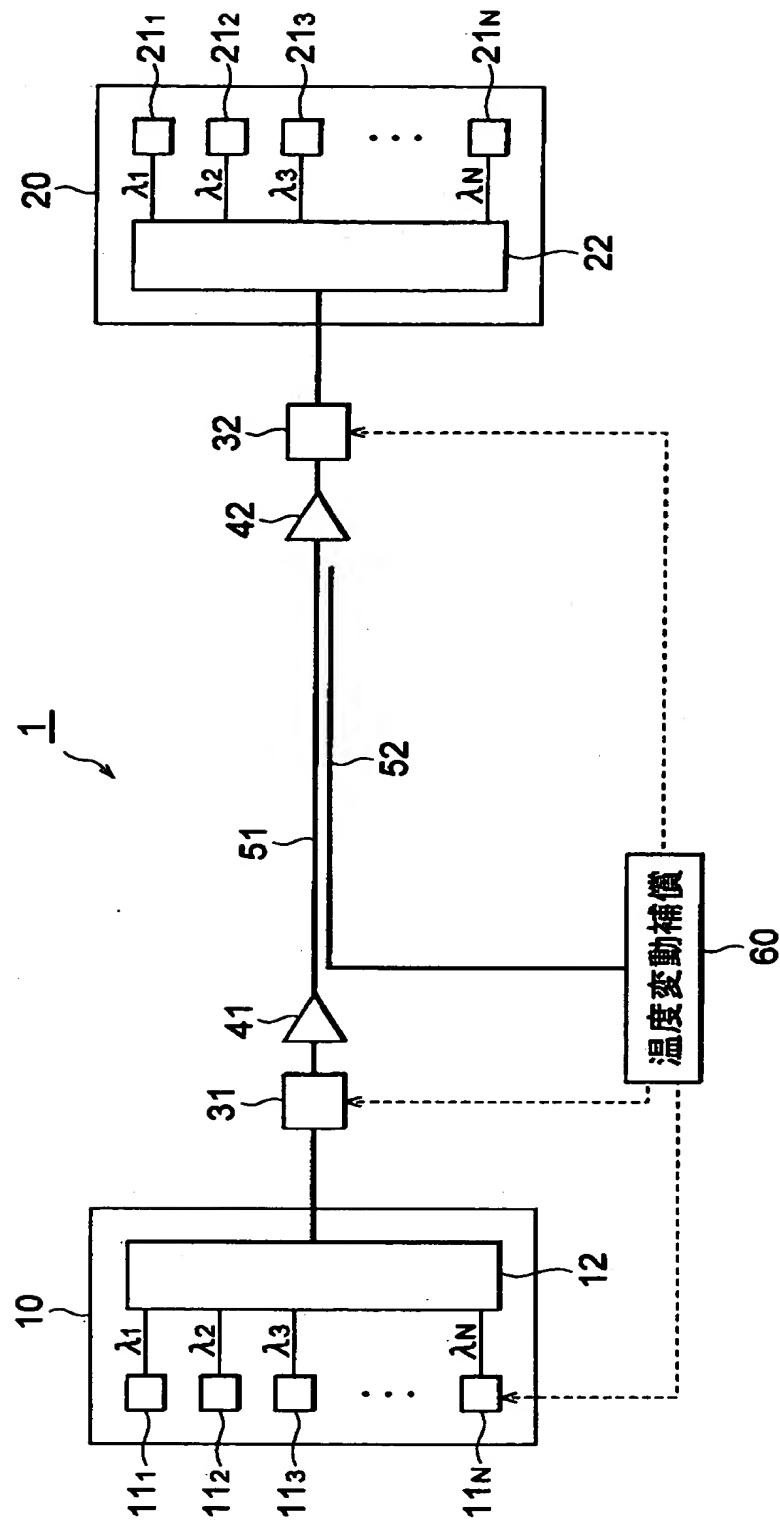
本実施形態に係る光伝送システム1の温度変動補償部60による補償の他の例を説明する図である。

【符号の説明】

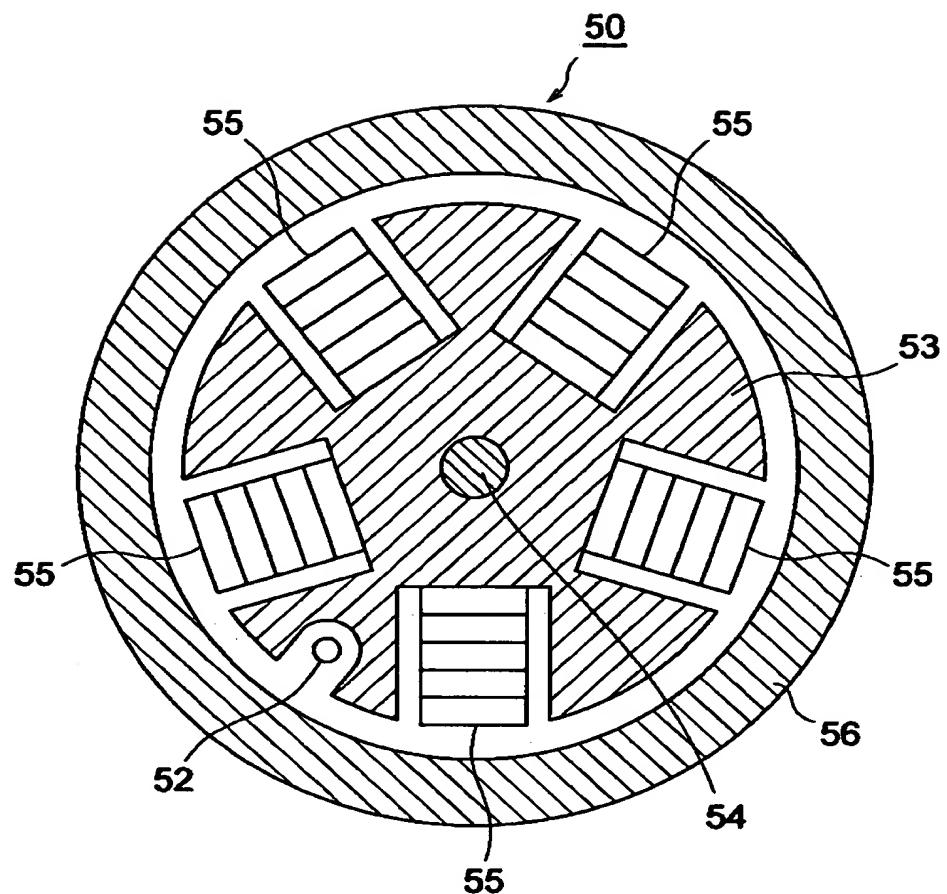
1…光伝送システム、10…送信器、11…光源、12…合波器、20…受信器、21…受光器、22…分波器、31, 32…分散補償器、41, 42…光増幅器、50…光ケーブル、51…光ファイバ伝送路、52…光ファイバ温度センサ、60…温度変動補償部。

【書類名】 図面

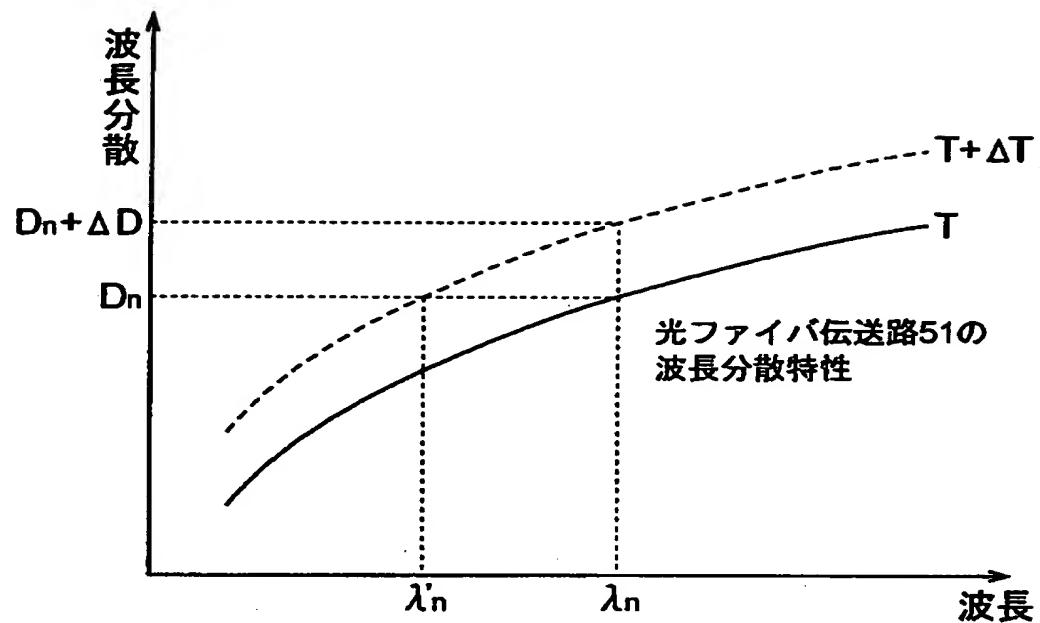
【図1】



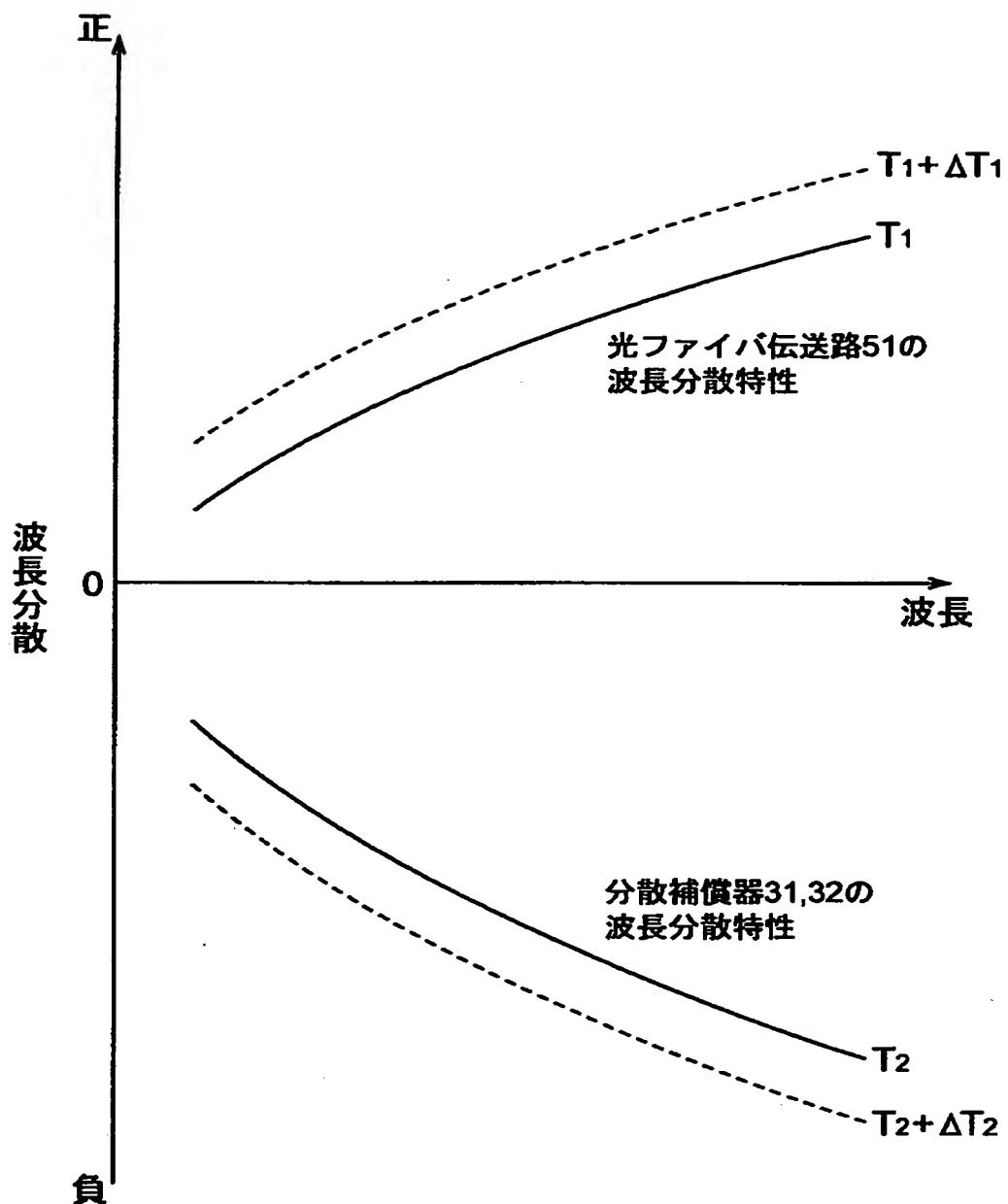
【図2】



【図3】



【図4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光ファイバ伝送路の温度の変動があっても送信器から受信器に到るまでの累積波長分散の変動が抑制され、更なる大容量通信が可能な光伝送システムを提供する。

【解決手段】 送信器10から送出された信号光は、分散補償器31、光増幅器41、光ファイバ伝送路51、光増幅器42および分散補償器32を経て、受信器20に到達して受信される。分散補償器31、32それぞれの波長分散は、或る温度Tでの光ファイバ伝送路51の波長分散を補償するように設定されている。光ファイバ温度センサ52および温度変動補償部60により、光ファイバ伝送路51の温度が検知されて、励起光源11₁~11_Nの出力波長または分散補償器31、32の分散補償量が制御され、光ファイバ伝送路51の波長分散の変動が補償される。

【選択図】 図1